

# Bewertung von Setzungsmessungen flachgegründeter Gebäude in weichen Böden

Vorliegende Setzungsmessungen an 10 Gebäuden mit Flachgründungen auf See- und Beckenton im süddeutschen Raum stellen die Grundlage einer statistischen Auswertung der Konsolidations- und Kriechsetzung dar. Die Setzungsmessungen zeigen, daß die anhand der Standard-Kompressionsversuche prognostizierten Setzungen i. d. R. erheblich größer sind als die tatsächlich eingetretenen Setzungen. In dem Beitrag wurde auf der Grundlage der Meßergebnisse ein Korrekturbeiwert zur Setzungsberechnung in weichen Böden abgeleitet. Dabei konnte auch das Zeit-Setzungsverhalten über rückgerechnete Konsolidation- und Kriechbeiwerte ermittelt werden.

**Evaluation of settlement measurements of buildings with shallow foundation on soft soils.** Available settlement measurements of 10 buildings with shallow foundations on lacustrine clay in Southern Germany represent the basis of a statistical evaluation of the primary- as well as the creep-settlement. Generally, the measurements show that the predicted settlements using the standard one-dimensional consolidation tests are significantly larger than the actually occurred settlements. According to the evaluation a correction factor to the calculation of settlement in soft soils was derived. By means of back-analysis of the measured settlements the coefficients of the consolidation and the secondary compression are determined so that the time-settlement behavior could be also investigated.

## 1 Einleitung

Die Problematik einer zutreffenden Setzungsprognose von Flachgründungen in weichen bindigen Böden anhand von Ergebnissen aus Kompressionsversuchen kann als bekannt vorausgesetzt werden, wobei für Flachgründungen auf weichen bindigen Böden mit Gebäudesetzungen i. d. R. im Dezimeter-Bereich zu rechnen ist. Jedoch liegen die errechneten Setzungen vorwiegend erheblich höher als die tatsächlich eingetretenen. Aus diesen unzureichenden Setzungsprognosen resultieren häufig konstruktive und ausführungstechnische Maßnahmen, die oftmals technisch und wirtschaftlich nicht notwendig sind.

Im vorliegenden Beitrag wurden zahlreiche Setzungsmessungen an flachgegründeten Gebäuden auf weichen bindigen Böden (See- und Beckentonen) aus Projekten im süddeutschen Raum rückgerechnet und statistisch ausgewertet. Daraus sind Angaben für wirklichkeitsnahe Setzungsprognosen bei vergleichbaren Verhältnissen abgeleitet worden.

## 2 Setzungsverhalten normalkonsolidierter weicher Böden

### 2.1 Grundlagen

Bei der Setzungsermittlung ist zu unterscheiden zwischen den Steifigkeitsgrößen E-Modul, Steifemodul  $E_s$  (Kompressionsversuch), Verformungsmodul  $E_v$  (Plattendruckversuch) und Zusammendrückungsmodul  $E_m$ . Der Zusammendrückungsmodul  $E_m$  sollte bevorzugt für die Setzungsberechnung verwendet werden und stellt im wesentlichen eine Ableitung der Steifigkeit aus Rückrechnungen von gemessenen Setzungen ausgeführter Projekte bzw. ein über Korrekturfaktoren  $\kappa$  (ebenfalls aus Erfahrungswerten) verbesserter Steifemodul nach Gl. (1) dar.

$$E_m = E_s / \kappa, \tag{1}$$

wobei bekanntlich der Steifemodul  $E_s$  als Sekantenmodul mit der Gleichung

$$E_s = \frac{\Delta\sigma'}{\Delta\varepsilon} \tag{2}$$

gegeben ist. DIN 4019 schlägt Korrekturbeiwerte für die Steifemoduln bzw. für die Setzungsberechnung nach Tabelle 1 vor.

Da der Steifemodul eine spannungsabhängige Größe ist, werden häufig „konstante“ Verformungsparameter für die Setzungsberechnung in Form von Kompressionsbeiwert  $C_c$  und Schwellbeiwert  $C_s$  bzw. Rekompansionsbeiwert  $C_r$  (mit  $C_s \approx C_r$ ) aus Druck-Porenzahl-Diagrammen von Kompressionsversuchen ermittelt.

Für süddeutsche See- und Beckentone sind die Zusammenhänge zwischen diesen Verformungsparametern und dem Wassergehalt beispielhaft von Versuchsergebnissen aus der Literatur und eigenen Untersuchungen in Bild 1 dargestellt.

Tabelle 1. Korrekturbeiwerte für die Setzungsberechnung nach DIN 4019 (1979)

Table 1. Correction factors to the calculated settlement after DIN 4019 (1979)

Bodenart	$\kappa$
Sand und Schluff	2/3
einfach und leicht überverdichteter Ton	1,0
stark überverdichteter Ton	0,5 bis 1,0

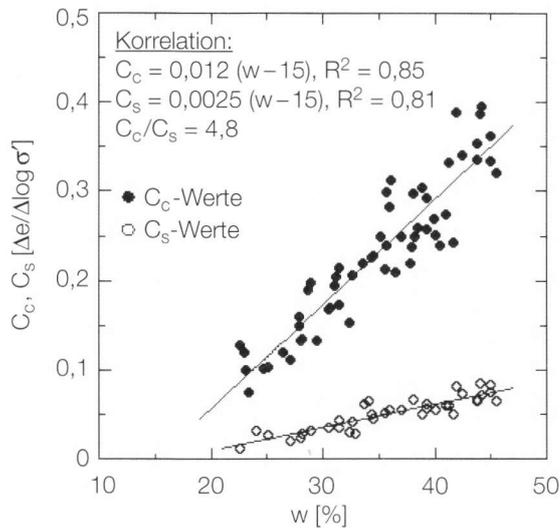


Bild 1. Abhängigkeit des Kompressionsbeiwerts  $C_c$  und des Schwellbeiwerts  $C_s$  vom Wassergehalt bei See- und Beckentonen

Fig. 1. Correlation of the compression index  $C_c$  and recompression index  $C_r$  with the water content for the lacustrine clay

Der spannungsabhängige Steifemodul für die Erst- und Wiederbelastung kann als Tangentenmodul bekanntlich aus den folgenden Gleichungen errechnet werden

$$E_{s,E} = \frac{2,3 \cdot \sigma' \cdot (1 + e)}{C_c} \quad (\text{Erstbelastung}) \quad (3a)$$

$$E_{s,W} = \frac{2,3 \cdot \sigma' \cdot (1 + e)}{C_r} \quad (\text{Wiederbelastung}) \quad (3b)$$

### 2.2 Sekundär- bzw. Kriechsetzung

Konventionell sind Sekundärsetzungen die Verformungen, die nach dem Abschluß der Konsolidation noch anhalten. Es ist bekannt, daß im halblogarithmischen Zeit-Setzungs-Diagramm der Verlauf der Sekundärsetzung i. d. R. quasilinear ist.

Um das Kriechphänomen zu beschreiben, kann nach [1] die Gleichung

$$\epsilon_t = \epsilon_p + C_B \log \left( \frac{t}{t_p} \right) \quad \text{für } t > t_p \quad (4)$$

formuliert werden, wobei  $t_p$  die Konsolidationszeit,  $\epsilon_p$  die zugehörige Stauchung und  $C_B$  der sogenannte *Buisman*-Faktor sind. Die Porenzahl läßt sich nach der Gleichung

$$e_t = e_p - C_\alpha \log \left( \frac{t}{t_p} \right) \quad \text{für } t > t_p \quad (5)$$

während der Sekundärsetzung bestimmen. Hierin sind  $C_\alpha$  der Kriechbeiwert und  $e_p$  die Porenzahl am Ende der Konsolidationsphase. Zwischen  $C_B$  und  $C_\alpha$  besteht der Zusammenhang

$$C_\alpha = C_B (1 + e_0) \quad (6)$$

Durch umfangreiche Versuche an weichen bindigen Böden wurden in [2] folgende Werte für das Verhältnis  $C_\alpha/C_c$  vorgeschlagen

$$C_\alpha / C_c = 0,04 \pm 0,01 \quad (7)$$

Nach [3] ist das Verhältnis  $C_\alpha/C_c$  von dem Zähigkeitsbeiwert  $I_v$  und dem Winkel der Gesamtscherfestigkeit  $\phi'_s$  nach Gl. (8) abhängig:

$$C_\alpha / C_c = 2I_v \tan \phi'_s \quad (8)$$

Werden in Gl. (8) typische Werte für den Zähigkeitsbeiwert und den Winkel der Gesamtscherfestigkeit für normal konsolidierte Böden ( $I_v \approx 3 \%$ ,  $\phi'_s \approx 26^\circ$ ) eingesetzt, so ermittelt sich das Verhältnis  $C_\alpha/C_c$  zu etwa 0,03.

## 3 Auswertung von Setzungsmessungen an Gebäuden

### 3.1 Vorgehensweise

Den im folgenden beschriebenen Auswertungen liegen zehn flachgegründete Ausführungsprojekte mit Setzungsmessungen zugrunde. Anhand der Zeit-Setzungsmessungen wurde mit den Verfahren nach [4] die Endsetzung  $s_\infty$  ermittelt.

Die Setzungsmessungen zeigen bei allen Projekten so geringfügige Setzungsunterschiede, daß man von nahezu starren Gründungsplatten ausgehen kann und damit Setzungsberechnungen für starre Fundamente im kennzeichnenden Punkt vorzunehmen sind. Die Setzungsberechnung wurde zunächst auf eine Tiefe begrenzt, in der die Zusatzspannung nur noch etwa 20 % der Überlagerungsspannung beträgt. Verglichen wurden die gemessenen mittleren Setzungen mit den berechneten Setzungen.

Um möglichst wirklichkeitsnahe Berechnungsergebnisse zu erzielen, wurden die Setzungen mit Hilfe lotrechter Spannungen unter Berücksichtigung von Erst- und Wiederbelastung ermittelt. Die errechneten Setzungen für den einaxialen Spannungszustand ergeben sich dann nach den bekannten Vorgehensweisen zu

$$s = \frac{H}{1 + e_0} \left[ C_r \cdot \log \frac{\sigma'_0}{\sigma'_c} + C_c \cdot \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma}{\sigma'_0} \right], \quad (9)$$

wobei  $H$  die zusammendrückbare Schicht,  $e_0$  die Porenzahl,  $\sigma'_c$  die effektive Spannung nach der Aushubentlastung,  $\sigma'_0$  die effektive Primärspannung und  $\Delta\sigma$  die Zusatzspannung aus dem Anteil der Erstbelastung bzw. die Nettobelastung sind. Hierbei ist zu erwähnen, daß die Primärspannung in normal konsolidierten Böden gleich der Überlagerungsspannung ist. Bei fehlenden Angaben über Schwellbeiwerte  $C_s$  bzw. Re-kompressionsbeiwerte  $C_r$  wurde in Anlehnung an Bild 1 ein Wert von  $C_s = 0,2 \cdot C_c$  verwendet. Weitergehende Angaben finden sich dazu in [5].

Zielsetzung war die Ableitung von Korrekturbeiwerten  $\kappa$  nach Gl. (10) für die auf Grundlage von Standard-Kompressionsversuchen durchgeführte Setzungsberechnung:

$$\kappa = s_\infty / s \quad (10)$$

Weiterhin können die aus den gemessenen Werten extrapolierten Endsetzungen  $s_\infty$  in die folgende Gleichung eingeführt werden, um daraus in situ- $C_c$ -Werte abzuleiten:

$$C_c = \frac{s_\infty \cdot (1 + e_0)}{H \cdot \left[ 0,2 \cdot \log \frac{\sigma'_0}{\sigma'_c} + \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma}{\sigma'_0} \right]} \quad (11)$$

Aus den in situ- $C_c$ -Werten lassen sich wiederum die Zusammendrückungsmodul  $E_m$  nach Gl. (1) und damit Korrekturbeiwerte  $\kappa$  ermitteln.

Die Berechnung der zeitlichen Entwicklung der Primärsetzung  $s_p$  erfolgt nach der Konsolidationstheorie von *Terzaghi* über die Konsolidationsbeiwerte  $c_v$ . Für den eindimensionalen Fall lassen sich bekanntlich die  $c_v$ -Werte als Konstanten durch folgende Gleichung bestimmen:

$$c_v = \frac{T_v \cdot \ell_d^2}{t} \tag{12}$$

mit  $T_v$  als normierter Zeitfaktor und  $\ell_d$  als längster Dränageweg, wobei für einseitige Entwässerung für  $\ell_d$  die Grenztiefe angesetzt wurde. Aus den Setzungsmessungen der Ausführungsprojekte können die  $c_v$ -Feldwerte mit den Verfahren nach [6] und [4] ermittelt werden. Ausführliche Hinweise zur Anwendung beider Verfahren sind in [5] dargestellt. Mit Hilfe der ermittelten  $c_v$ -Werte wurde die Konsolidationszeit  $t_p$  für alle Projekte nach Gl. (12) errechnet. Für praktische Anwendungen wird hier  $t_p \approx t_{98}$  verwendet, d. h. eine Zeit  $t$  bei 98 % der Konsolidation mit einem Zeitfaktor von  $T_v = 1,5$ .

Das Kriechverhalten konnte bei allen Projekten geprüft und weiter prognostiziert werden, indem die Zeiten  $t_i \geq t_p$  und die dazugehörigen Setzungsmessungen  $s_i$  in die Gleichung

$$C_B = \frac{1}{H} [(s_2 - s_1) / \log(t_2 / t_1)] \tag{13}$$

mit  $t_1 \geq t_p$  und  $t_2 > t_p$

eingesetzt und daraus die in situ-*Buisman*-Faktoren  $C_B$  abgeleitet wurden. Damit lassen sich auch die Kriechbeiwerte  $C_\alpha$  nach Gl. (6) ermitteln.

### 3.2 Beispiel zur Vorgehensweise

Im folgenden ist am Beispiel die Situation für die Nachrechnung der Setzungsparameter in Bild 2 erläutert. Bei dem o. g. Ausführungsprojekt handelt es sich um ein 10geschossiges Gebäude auf einer Flachgründung mit einem weitgehend starren Untergeschoß, welches in einer Seeton-schicht mit einer Mächtigkeit von 36 m gegründet wurde. Ergebnisse von Kompressionsversuchen lagen vor.

Mit den Angaben errechnen sich Setzungen in der Größenordnung von  $s = 9,5$  cm.

Das Setzungsverhalten des Gebäudes wurde ab der Fertigstellung der Sohlplatte durch 6 Meßpunkte über 884 Tage kontinuierlich überprüft. Im Bild 3 sind die Lage der Setzungsmeßpunkte und die durchgeführten Messungen in Form von Zeit-Setzungslinien dargestellt.

Zum letzten Meßzeitpunkt lagen die Setzungen bei rund 6,5 cm an der nördlichen Gebäudeseite und 4 cm an der südlichen Gebäudeseite. Anhand der vorliegenden Meßergebnisse wurden die Endsetzungen extrapoliert und die Isolinien gleicher Setzungen interpoliert, so daß eine mittlere Endsetzung in den kennzeichnenden Punkten von  $s_\infty = 6,3$  cm ermittelt wurde, siehe Bild 3.

Aus dem zeitlichen Verlauf der gemessenen Setzungen wurde nach dem Verfahren von *Taylor* die Zeitachse im Wurzelmaßstab skaliert und für den Konsolidationsgrad  $U = 0,9$  die entsprechende Zeit  $t_{90}$  ermittelt. Da der

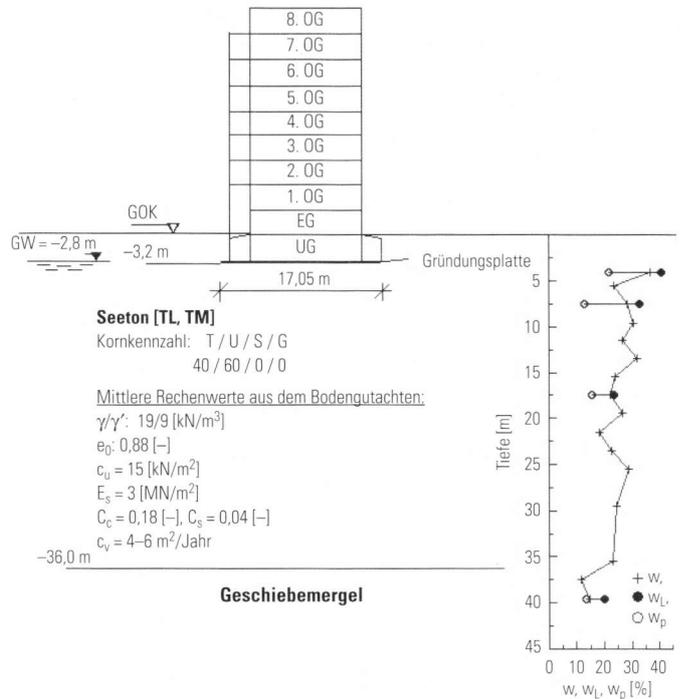


Bild 2. Schematische Darstellung des Gebäudes mit Baugrundrandbedingungen  
Fig. 2. Charting of the building with the soil conditions

Zeitfaktor für  $U = 0,9$  mit  $T_v = 0,848$  bekannt ist, ergibt sich Gl. (12) zu:

$$c_v = \frac{0,848 \cdot \ell_d^2}{t_{90}} \tag{14}$$

Beim dargestellten Projekt wurde von einseitiger Entwässerung ausgegangen, so daß der Dränageweg  $\ell_d$  der zusammendrückbaren Schicht von  $H = 7,4$  m bei Vorgabe der vorstehenden Ansätze entspricht.

Mit diesen Angaben liefert Gl. (14) einen Mittelwert des Konsolidationsbeiwertes von  $c_v = 32$  m<sup>2</sup>/Jahr gegen ei-

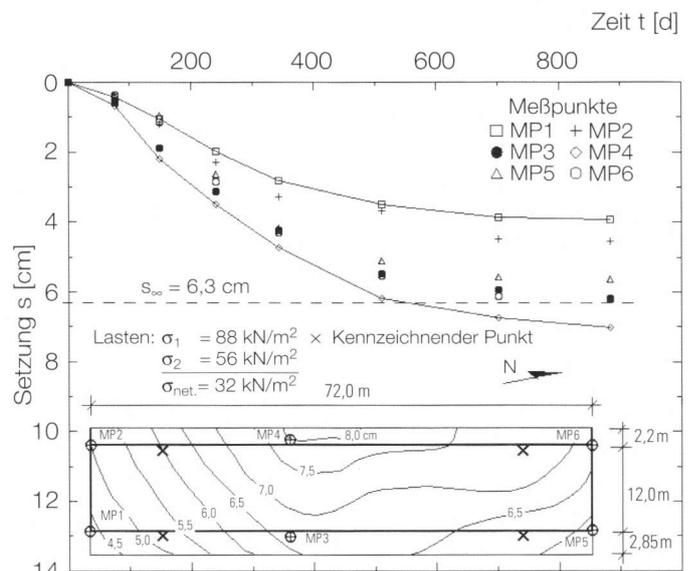


Bild 3. Lasten, Zeit-Setzungslinien, und Isolinien gleicher Setzungen  
Fig. 3. Loads, settlement record and settlement contours

nen prognostizierten Wert von  $c_v = 4$  bis  $6 \text{ m}^2/\text{Jahr}$  aus den Kompressionsversuchen.

Mit Hilfe des nach Gl. (14) ermittelten  $c_v$ -Wertes wurde eine tatsächliche Konsolidationszeit von  $t_p \approx 748$  Tagen nach Gl. (12) mit  $T_v = 1,5$  errechnet. Damit beträgt die entsprechende Primärsetzung  $s_p \approx 6 \text{ cm}$ .

Ferner kann das Kriechverhalten verfolgt und weiter prognostiziert werden, nachdem der Zeitpunkt  $t_p$  (Ende der Konsolidation) ermittelt wurde. Die Konsolidationszeit  $t_p$  und -setzung  $s_p$  wurden mit den letzten Setzungsmeßwerten in Gl. (13) eingesetzt, um den *Buisman*-Faktor  $C_B$  abzuleiten. Für dieses Projekt wurde z. B. der Mittelwert  $C_B \approx 0,0027$  ermittelt.

### 3.3 Zusammenfassung der Ergebnisse aus allen Projekten

Zur Vermeidung von Wiederholungen werden im folgenden nur die Ergebnisse der statistischen Auswertung für die untersuchten Projekte zusammengestellt. Eine ausführliche Darstellung findet sich in [5] und [7].

#### a) Ergebnisse zur Setzungsberechnung

In Tabelle 2 wurden die nach Gl. (9) berechneten Setzungen, die gemessenen Setzungen sowie die resultierenden Korrekturbeiwerte zusammengefaßt. Werden die gewonnenen Korrekturbeiwerte als Werte einer normalverteilten Grundgesamtheit betrachtet, können die Vertrauensgrenzen des Mittelwertes nach der *Student*-Verteilung bestimmt werden.

Für die extrapolierten Werte ergibt sich ein Mittelwert von

$$\bar{\kappa} \approx 0,7$$

Für ein Konfidenzniveau von  $p = 1 - \alpha = 0,95$  (Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha = 0,05$ ) liegt der geschätzte Mittelwert in einem Vertrauensintervall von:  $0,66 \leq \bar{\kappa} \leq 0,74$ .

#### b) Primärsetzungen (Konsolidation)

Das Zeit-Setzungsverhalten wurde ebenfalls aus den Setzungsmessungen der Projekte über rückgerechnete Konsolidationsbeiwerte bestimmt. Die Ergebnisse der Ermitt-

Tabelle 2. Ermittelte Korrekturbeiwerte  $\kappa$  aus den Setzungsmessungen

Table 2. Determined correction factors  $\kappa$  from the settlement records

Projekt Nr.	Messung $s_\infty$ [cm]	Prognose $s$ [cm]	Korrekturbeiwert $\kappa = s_\infty/s$
1	6,30	9,50	0,66
2	9,45	12,70	0,74
3	7,75	11,60	0,67
4	4,85	7,50	0,65
5	4,80	7,10	0,68
6	5,15	7,10	0,73
7	4,40	6,80	0,65
8	4,45	7,10	0,63
9	5,35	7,30	0,73
10	5,05	6,70	0,75
		Mittelwert $\approx$	0,7

Tabelle 3. Ermittelte  $c_v$ -Werte

Table 3. Determined  $c_v$ -values

Projekt Nr.	$c_v$ (prognostiziert) [ $\text{m}^2/\text{Jahr}$ ]	$c_v$ (Taylor) [ $\text{m}^2/\text{Jahr}$ ]	$c_v$ (Asaoka) [ $\text{m}^2/\text{Jahr}$ ]
1	4-6	31,9	32,0
2	2-4	42,4	43,4
3	3-6	19,2	19,5
4	2-6	35,5	36,4
5	3-6	3,2	3,1
6	3-6	3,4	3,1
7	3-7	41,5	41,6
8	3-7	32,5	33,0
9	3-7	41,1	41,8
10	2-6	15,1	15,8

lung des Konsolidationsbeiwertes nach *Taylor* und *Asoka* für alle Projekte sind mit den aus Kompressionsversuchen prognostizierten Werten in der Tabelle 3 zusammengefaßt. Hierbei ergaben sich bei den einzelnen Projekten sehr unterschiedliche  $c_v$ -Werte (5 bis 20 mal größer als prognostiziert). Die stark differierenden Konsolidationsbeiwerte der einzelnen Projekte können eventuell durch die Feinsandbänderung im Seeton begründet werden, die eine horizontale Entwässerung über diese durchlässigen Schichten und somit eine schnellere Konsolidation des Bodens zulassen. Ein weiterer Grund kann in der Annahme eindimensionaler Konsolidation für die Berechnung des  $c_v$ -Wertes bestehen. Die genannten Gründe lassen sich aber anhand der Setzungsmessungen nicht quantifizieren.

#### c) Kriechverhalten

Mit Hilfe der gewonnenen in situ- $c_v$ -Werte wurde zu jedem Ausführungsprojekt eine Konsolidationszeit  $t_p$  ermittelt. Wegen der schnellen Konsolidation in den untersuchten Böden lagen die Primärsetzungen  $s_p$  innerhalb der gesamten Beobachtungszeit, so daß das Sekundär- bzw. das Kriechverhalten überprüft werden konnte. Hierfür wurden weitere Setzungsmessungen nach der Konsolidation in Gl. (13) eingesetzt. In Tabelle 4 sind die Beobachtungs- und Konsolidationszeit, die Primärsetzung  $s_p$  und die abgeleiteten *Buisman*-Kriechbeiwerte  $C_B$  zusammengefaßt.

Für die Kriechbeiwerte liegt ein Mittelwert von  $\bar{C}_B = 0,003$  vor, mit einem Vertrauensintervall von  $0,002 \leq \bar{C}_B \leq 0,004$ . Damit weisen mit der Klassifizierung nach [8] die See- und Beckentone im süddeutschen Raum nur eine geringe Kriechneigung auf.

Wird bei dem Verformungsverhalten angenommen, daß das Kriechen in der Konsolidationsphase geringfügig und deswegen zu vernachlässigen ist, kann das Ende der Konsolidation  $t_p$  gleichzeitig als Start der Sekundärsetzung betrachtet werden. Damit läßt sich der Kriechanteil  $s_\alpha$  an der prognostizierten Endsetzung mit der folgenden Gleichung ermitteln und ist in Tabelle 5 dargestellt:

$$s_\alpha = \left( \frac{s_\infty - s_p}{s_\infty} \right) \times 100 [\%] \tag{15}$$

Tabelle 4. Ergebnisse zum Kriechverhalten bei den Ausführungsprojekten  
Table 4. Results to the creep behavior of the projects

Projekt Nr.	Beobachtungszeit [Tage]	Konsolidationszeit $t_p$ [Tage]	$s_p$ (Feld) [cm]	$C_B$ [-]
1	884	748	6,10	0,0027
2	961	365	9,10	0,0026
3	363	275	7,40	0,0027
4	2340	677	4,60	0,0016
5	779	318	4,40	0,0034
6	779	330	4,70	0,0036
7	881	445	4,00	0,0027
8	881	560	4,10	0,0027
9	1633	670	4,85	0,0039
10	474	380	4,70	0,0038
			Mittelwert	0,0030

Die Ergebnisse in der Tabelle 5 zeigen, daß der Anteil der Sekundärsetzung bei den See- und Beckentonon etwa  $7 \pm 2$  [%] an der gesamten Setzung beträgt.

Tabelle 5. Ermittelte Anteile der Sekundärsetzung  $s_\alpha$  bei den Ausführungsprojekten  
Table 5. Determined fractions of the secondary settlement  $s_\alpha$  of the projects

Projekt Nr.	$s_\infty$ [cm]	$s_p$ [cm]	$s_\alpha$ [%]
1	6,30	6,10	3,2
2	9,45	9,10	3,7
3	7,75	7,40	4,5
4	4,85	4,60	5,2
5	4,80	4,40	8,3
6	5,15	4,70	8,7
7	4,40	4,00	9,1
8	4,45	4,10	7,9
9	5,35	4,85	9,3
10	5,05	4,70	6,9
		Mittelwert $\approx$	6,7

#### 4 Zusammenfassung und Empfehlungen

Im vorliegenden Beitrag wurde das Setzungsverhalten von Flachgründungen auf wassergesättigten weichen bindigen Böden untersucht. Durch vorliegende Setzungsmessungen an ausgeführten Projekten auf See- und Beckenton im süddeutschen Raum konnte ein mittlerer Korrekturbeiwert  $\kappa$  für die Setzungsberechnung sowie Konsolidationsbeiwerte  $c_v$  abgeleitet werden. Zusammenfassend sind nochmals die gewonnenen Erkenntnisse zur wirklichkeitsnahen Setzungsermittlung von Flachgründungen in weichen bindigen Böden im Hinblick auf die Anwendung in der Praxis zusammengestellt.

– Sofern auf der Grundlage von Standardkompressionsversuchen abgeleitete Verformungsparameter die Setzungen von Flachgründungen auf See- und Beckenton ermit-

telt werden, empfiehlt es sich, die berechneten Gesamtsetzungen mit einem Faktor von  $\kappa \approx 0,7$  zu korrigieren, um wirklichkeitsnahe Prognose zu erhalten.

– Zur Beschreibung des Zeit-Setzungsverhaltens sollten bevorzugt Erfahrungswerte zum Konsolidationsbeiwert  $c_v$  verwendet werden, da die  $c_v$ -Werte aus Kompressionsversuchen sehr stark streuen und i. d. R. zu lange Konsolidationszeiten ergeben.

– Die Auswertungsergebnisse des Kriechverhaltens zeigen, daß der Anteil der Sekundärsetzungen an den gesamten Setzungen bei See- und Beckentonon mit  $7 \pm 2$  [%] nur geringfügig ist.

#### Literatur

- [1] Buisman, A. S. K. ]: Results of long duration settlement tests. Proc. of 1. ICSMFE, Cambridge, Vol. 1, (1936), pp. 103–106.
- [2] Mesri, G., Godelweski, P. M. ]: Time- and Stress-Compressibility Interrelationship. Journal of the Geotechnical Engineering Division, Vol. (105), (1977), pp. 106–113.
- [3] Leinenkugel, H. J.: Deformations- und Festigkeitsverhalten bindiger Erdstoffe, Experimentelle Ergebnisse und ihre physikalische Deutung. Veröffentlichungen des Institutes für Bodenmechanik und Felsmechanik der Universität Karlsruhe, Heft 66 (1976).
- [4] Asaoka, A.: Observational Procedure of Settlement Prediction. Soil and Foundations (Japan) 18(4), (1978), pp. 87–101.
- [5] Soumaya, B.: Setzungsverhalten von Flachgründungen in normalkonsolidierten bindigen Böden. Schriftenreihe Geotechnik, Universität Kassel, Heft 16, (2005).
- [6] Taylor, D. W.: Fundamentals of Soil Mechanics. John Wiley & Sons, New York, (1948).
- [7] Kempfert, H.-G., Soumaya B.: Settlement Back-Analysis of Buildings on Soft Soil in Southern Germany, Proc. of 5th International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering, New York, (2004), paper No. 1.24.
- [8] Mesri, G.: Coefficient of secondary settlement. Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 99(1), (1973), pp. 123–137.

#### Autoren dieses Beitrages:

Dr. -Ing. Bassem Soumaya, Prof. Dr. -Ing. Hans-Georg Kempfert, Universität Kassel, Institut für Geotechnik und Geohydraulik, Fachgebiet Geotechnik, Mönchebergstraße 7, 34125 Kassel